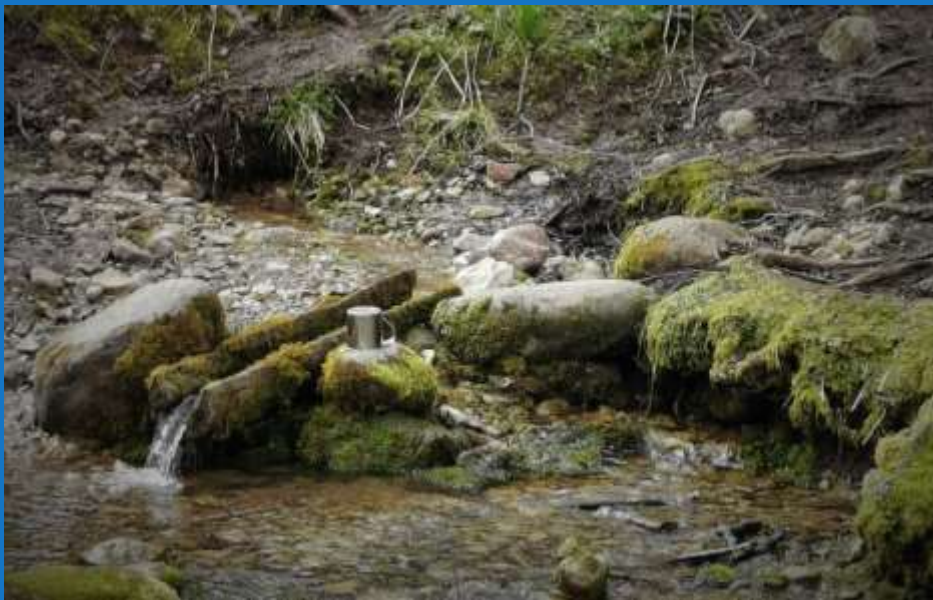




EESTI
GEOLOOGIATEENISTUS

Põhjaveekogumite koormusallikate mõju analüüs



Kaanefoto: Hundiallika allikas Peatskivil (Alatskivi lähedal). Photo: A. Marandi.

Soovitav viitamine: Marandi, A., Männik, M., Hints, L., Polikarpus, M. 2025. Põhjaveekogumite koormusallikate mõju analüüs. Eesti Geoloogiateenistus, EGF 47426

KINNITATUD
Eesti Geoloogiateenistuse
Teadusnõukogu otsusega nr 26-10

Põhjaveekogumite koormusallikate mõju analüüs

UURIMISTÖÖ ARUANNE

Töögrupi juht: Andres Marandi

Töögrupi liikmed: Magdaleena Männik

Liina Hints

Maile Polikarpus

Sisukord

| | |
|--|----|
| Annotatsioon | 5 |
| 1. Sissejuhatus..... | 6 |
| 2. Põhjaveekogumite keemilist seisundit mõjutavate koormusallikate mõju määramise meetodika | 7 |
| 2.1. Koormusallikate klassifikatsioon ning olulised põhjaveekogumid..... | 7 |
| 2.2. Koormusallikate olulisuse hindamise protsess | 8 |
| 2.2.1 Punktkoormusallikate mõju hindamine..... | 8 |
| 2.2.2 Hajukoormusallikate mõju hindamine..... | 8 |
| 2.3. Koormusallikate hindamiskriteeriumid..... | 8 |
| 2.4. Koormusallikate info ning töötlus..... | 9 |
| 2.4.1 Punktkoormusallikad (1)..... | 9 |
| 2.4.2 Hajukoormusallikad (2)..... | 10 |
| 2.4.3 Veevõtust tingitud koormus (3)..... | 11 |
| 2.4.4 Muud koormusallikad | 12 |
| 2.5. Ruumianalüüsis kasutatud koormusallikad | 12 |
| 3. Põhjaveekogumite koguselist seisundit mõjutavate koormusallikate mõju määramise meetodika | 14 |
| 3.1. Põhjaveekogumi looduslik ressurss | 14 |
| 3.2. Põhjaveekogumite looduslike ressursside arvutamine | 16 |
| 4. Põhjaveekogumite koormusallikate mõju hindamise tulemused..... | 18 |
| 4.1. Põhjaveekogumite keemilist seisundit mõjutavate koormusallikate olulisus..... | 18 |
| 4.1.1 Põhjaveekogumi keemilist seisundit mõjutavad koormusallikad..... | 18 |
| 4.2. Põhjaveekogumi koguselist seisundit mõjutavad koormusallikad | 23 |
| 4.3. Põhjaveekogumite ohustatus | 27 |
| 4.3.1 Veevõtu tõttu ohustatud põhjaveekogumid | 27 |
| 4.3.2 Eelmise perioodi halvas seisundis olevad, endiselt ohustatud põhjaveekogumid..... | 28 |
| 4.3.3 Oluliste keemilist seisundit mõjutavate koormusallikatega põhjaveekogumid | 29 |
| Kokkuvõte..... | 34 |
| Kasutatud kirjandus..... | 35 |

Annotatsioon

Käesolevas Eesti Geoloogiateenistuse uuringus analüüsitakse reostusallikate mõju Eesti põhjaveekogumite keemilisele ja koguselisele seisundile. Uuringu eesmärk on anda teaduspõhist teavet veemajanduse otsuste tegemiseks, keskendudes põhjavee kaitsesele ja säästvale kasutamisele. Laiemas plaanis toetab töö Eesti veemajanduspoliitika kujundamist, pakkudes tõendusmaterjali alust tõhusate reostuse vähendamise meetmete kavandamiseks.

Ruumianalüüs koos Euroopa Komisjoni direktiividel põhinevate meetoditega võimaldab anda tervikliku ülevaate reostusallikate paiknemisest ning nende mõjust põhjavee kvaliteedile. Uuringus hinnatakse põllumajanduse, kaevandamise, kohalike tööstusheitmete, puhastamata reovee ning linnatranspordist pärinevate saasteainete mõju maapinnalähedaste põhjaveekogumite seisundile.

Tulemused näitavad, et mitut põhjaveekogumit Eestis mõjutavad olulised reostusallikad.

Maapinnalähedasi põhjaveekogumeid mõjutab peamiselt põllumajandusest pärinev hajureostus, sealhulgas väetamine ja loomakasvatus. Kaevandamine, eriti Ida-Virumaa põlevkivi piirkonnas, avaldab põhjavee kvaliteedile paikset, kuid kriitilise tähtsusega mõju. Lisaks esineb linnapiirkondades, nagu Meltsiveski ja Männiku–Pelguranna, märkimisväärne transpordiga seotud reostuskoormus.

Sügavamate põhjaveekogumite seisundit mõjutab seevastu eeskätt veevõtt, mitte pinnalt pärinev reostus. Kuigi sügavam põhjavesi on maapinnal toimuvast vähem mõjutatud, tekitab selle kasutamisel probleeme intensiivne põhjavee ammutamine, eriti tiheda asustusega piirkondades, näiteks Harjumaal, ning kaevanduspiirkondades.

1. Sissejuhatus

Eesti Geoloogiateenistuses koostatud uuring analüüsib Eesti põhjaveekogumite koormusallikate mõju. Uurimus on osa veemajanduskavade (2027–2033) vesikonna tunnuste analüüsist ning tugineb Euroopa Komisjoni juhenditele, mis on välja töötatud veepoliitika raamdirektiivi ja põhjaveedirektiivi ühise täitmise strateegia raames.

Käesolev aruanne moodustab ühe osa kolmest omavahel seotud 2025. aasta aruandest. Tervikliku käsitluse annab sellele aruandele seos töödega *Põhjavee riikliku seirevõrgu analüüs ning ettepanekute tegemine* (Osjamets ja Marandi, 2025) ja *Põhjaveekogumite kontseptuaalsed mudelid 2025* (Marandi jt, 2025), millest viimane koondab ka käesoleva uuringu peamised tulemused kokkuvõtval kujul.

Veepoliitika raamdirektiivi (2000/60/EÜ) rakendamiseks on liikmesriigid määratlenud põhjaveekihtides põhjaveekogumid ning koostanud nende iseloomustused. Uuringu käigus täpsustatakse ja kaasajastatakse olemasolevate põhjaveekogumite ulatus ja piirid, võttes arvesse uuendatud geoloogilist, hüdrogeoloogilist ja muud asjakohast teavet.

Uuring keskendub põhjaveekogumite keemilise ja koguselise seisundi hindamisele, tuues välja peamised koormusallikad, nende olulisuse ning mõju põhjaveekogumite seisundile. Selle eesmärk on toetada Eesti veemajanduskavade koostamist ja rakendamist, pakkudes teaduspõhist ülevaadet ning meetodilist lähenemist põhjaveekogumite kaitseks ja jätkusuutlikuks haldamiseks.

Analüüsis kasutatakse ruumianalüüsi ja mudelarvutusi, et hinnata koormusallikate, nagu põllumajandus, kaevandustegevus, heitvee väljalasked, transpordist tingitud reostus ning kanaliseerimata aladelt pärinev saaste mõju Eesti põhjaveekogumitele. Peamine fookus on maapinnalähedaste põhjaveekogumite seisundil, kuna need on otseselt mõjutatud maapinnalt lähtuva reostuse poolt, samas kui sügavamate kogumite puhul on olulisem põhjaveevõtt.

Uurimuse teostasid Andres Marandi, Magdaleena Männik, Liina Hints ja Maile Polikarpus Eesti Geoloogiateenistuse hüdrogeoloogia ja keskkonnageoloogia osakonnast.

2. Põhjaveekogumite keemilist seisundit mõjutavate koormusallikate mõju määramise meetodika

2.1. Koormusallikate klassifikatsioon ning olulised põhjaveekogumid

Koormusallikaid käsitletakse vastavalt Vee Raamdirektiivi (VRD) raporteerimise juhendi WFD Reporting Guidance lisale 1 (WFD Reporting Guidance 2022, 2022), mis on ühtne kogu Euroopas.

Eelmise etapi koormusallikate mõju analüüsis (Marandi jt, 2019) leiti, et põhjavee seisukohalt võib ebaoluliseks pidada koormusallikaid nr 4 (veekogu sängi/põhja/kaldakaitsevööndi/kalda hüdro morfoloogiline muutmine) ja 5 (vee-elustikuga seotud koormus), mis seostuvad pinnaveega ja mille mõju kandub põhjavette edasi vaid väga erandlikel juhtudel. Samuti loetakse juba enne põhjalikumat analüüsi ebaoluliseks koormusallikad nr 1.8 ja 2.8 (vesiviljelus) ning veevõtuga seotud koormusallikad nr 3.4 (veevõtt jahutusveeks) ja 3.5 (veevõtt hüdroenergeetika tarbeks), kuna vastava koormusallikaga seotud inimtegevust, mis oleks ühtlasi seotud põhjaveega, on Eestis väga vähe või puudub vastav majandustegevus hoopis. Samuti ei käsitleta täpsemalt hajukoormusallikat nr 2.7 (sadenemine atmosfäärist), sest selle mõju on raske pindalaliselt hinnata ja see seostub valdavalt pinnaveekogude ning aeratsioonivõõga, mis ei ole loetud põhjaveekogumite osaks. Sama printsiipi kasutatakse ka käesolevas analüüsis.

Hüdrogeoloogilistest tingimustest tulenevalt on maapinnal toimivad koormusallikad seotud eelkõige maapinnalt esimese põhjaveekogumiga, sest need on kogumid, kuhu maapinnalt lähtuv reostus kõige kiiremini jõuab (kogumid nr 6–16, 19–31). Sügavamal lasuvate põhjaveekogumite puhul, mis on maapinnalähedaste põhjaveekogumitega täielikult kaetud, on peamiseks surveteguriks põhjaveevõtt (kogumid nr 1–5b, 17, 18).

Seetõttu lähtutakse 2025. a läbiviidud koormusallikate olulisuse hindamisel järgmistest eeldustest:

1. Punkt- ja hajukoormusallikate mõju avaldub ainult Kvaternaari põhjaveekogumitele ja maapinnalähedastele aluspõhjagumitele. Selliste maapinnalähedaste põhjaveekogumite puhul, mis on teatud piirkonnas teiste põhjaveekogumite poolt kaetud, avaldub koormusallikate mõju ainult kogumite maapinnalähedastele osadele (kogumid nr 6, 10, 21, 22, 24, 25).
2. Sügavamate põhjaveekogumite peamiseks koormusallikaks peetakse veevõttu.

3. Pinnavee osavalglate piirid kirjeldavad esimeses lähenduses ka maapinnalähedaste põhjaveekogumite veelahkmealasid. Seetõttu kasutatakse osavalglate ruumikujusid analüüsis väikseimate ruumiüksustena.

2.2. Koormusallikate olulisuse hindamise protsess

Ruumianalüüsis hinnatakse koormusallikate mõju kahes kategoorias: punktkoormusallikad ja hajukoormusallikad.

2.2.1 Punktkoormusallikate mõju hindamine

1. Omavahel seostatakse punktkoormusallikad (näiteks jääkreostusobjektid ja karsti suubuvad eesvoolud) ja neile vastavad pinnaveekogumite osavalglad. Kõik osavalglad, millel asub vähemalt üks punktkoormusallikas, loetakse mõjutatuks.
2. Osavalglate ruumikujud jagatakse maapinnalähedaste põhjaveekogumite piiride põhjal osadeks. Nii saadakse teada, kui suur on iga osavalgla pindalaline osakaal vaadeldavast põhjaveekogumi kogupindalast.
3. Punktkoormusallikate mõju hindamiseks filtreeritakse välja ainult mõjutatud osavalglad ning leitakse nende pindalaline osakaal põhjaveekogumi kogupindalast.
4. Mere osavalglates paiknevad punktkoormusallikad jäetakse analüüsist välja, sest põhjavee väljavool mere suunas muudab nende mõju tühiseks.

2.2.2 Hajukoormusallikate mõju hindamine

Hajukoormusallikate mõju hindamiseks leitakse koormusallika pindala, mida võrreldakse sellele vastava põhjaveekogumi kogupindalaga. Hinnang antakse kõigi samasse kategooriasse kuuluvate koormusallikate pindalalise katvuse põhjal. Põllumajandusest põhjustatud koormuse (koormusallikas 2.2) mõju hindamiseks kasutatakse lisaks pindobjektidele ka punktobjekte, mida hinnatakse küll punktkoormusallikate analüüsimetoodikast lähtuvalt, ent käsitletakse siiski hajukoormusallikate peatükis.

2.3. Koormusallikate hindamiskriteeriumid

Koormusallikate mõju hinnatakse kvalitatiivse skaalaga:

- **Oluline:** Koormusallikate pindalaline katvus põhjaveekogumist > 50%. Koormusel võib olla kogumi üldisele seisundile ulatuslik mõju, mis väljendub ohustatuses või seisundi halvenemises.
- **Väheoluline:** Katvus 25 – 50%. Mõju on lokaalne ega ohusta kogumi hea seisundi saavutamist.

- **Mitteoluline:** Katvus < 25%. Koormus esineb põhjaveekogumi levialal, kuid ei avalda teadaolevate andmete põhjal märgatavat mõju kogumi seisundile.

2.4. Koormusallikate info ning töötlus

Ruumianalüüsis kasutatud koormusallikaid käsitleti VRD raporteerimise juhendi lisa 1 (WFD Reporting Guidance 2022, 2022) toodud klasside kaupa. Iga koormusallika nime taga on selle number vastavalt VRD klassifikatsioonile.

2.4.1 Punktikoormusallikad (1)

Heitvesi (1.1 – 1.4). Heitvee väljalaskudest tuleneva potentsiaalse koormuse hindamiseks käsitletakse ruumianalüüsis koos asulate heitvee (1.1), sademevee väljalaskude ja heitveeväljalaskude (1.2) ning keskkonnakompleksluba mitteomavate käitiste, mis ei ole Euroopa saasteainete heite- ja ülekanderegistris (E-PRTR) (1.4) koormusallikaid. Andmeallikana kasutatakse neid reoveepuhastite väljalaskude, avariiväljalaskude ja -ülevoolude asukohti, kus toimub vee juhtimine pinnasesse. Kuna E-PRTR is registreeritud keskkonnakompleksluba omavate käitiste (1.3) puhul ei esine ühtki asukohta, kus heitvee juhtimine toimuks pinnasesse, ei loeta selle koormusallika mõju põhjaveele oluliseks ega käsitleta seda töös kogumipõhiselt.

Heitvee väljalasud võivad mõju avaldada nii pinna- kui ka põhjaveele, ent olulisemat survet avaldavad need eelkõige pinnaveele. Põhjaveele potentsiaalselt mõju avaldavaid heitvee väljalaske, kus see juhitakse otse pinnasesse, on Eestis vähe, siis käsitletakse heitvee väljalaskudega seotud koormusallikaid ruumianalüüsis koos.

Lekked endistelt saastunud tööstusaladelt (1.5). Selle koormusallika all käsitletakse jääkreostusobjekte, mille heitvesi on puhastustöödel suunatud kindlale väljalasule, mille koordinaadid on teada. Jääkreostusobjekte, millel sellist väljalasku ei ole, käsitletakse hajukoormusallikana (klassifikaator 2.5). Oluliste jääkreostusobjektidena käsitletakse töös neid punktobjekte, mis on kantud keskkonnaregistrisse ning millele on inventeerimise käigus määratud kategooria 1-3 [kategooria 1 – jääkreostusobjektid, mis on inimesele ohtlikud ja võivad ohustada ühisveehaardeid; kategooria 2 – jääkreostusobjektid, avariilised ja lahtised hoidlad, mille ohtlikud ained (OA) reostavad keskkonnaregistris registreeritud põhjavee- või pinnaveekogumeid ning üksiktarbijate veehaardeid; kategooria 3 – jääkreostusobjektid, kus esinesid lahtised või avariilised OA hoidlad, millel oli märgatav oht lokaalselt reostada pinnast, põhjavett või pinnavett (sh näiteks üleujutuse korral)]. Analüüsis ei käsitleta neid jääkreostusobjekte, kus jääkreostus on teadaolevalt likvideeritud.

Lekked jäätmete ladustamisega seotud aladelt (1.6). Selle klassifikaatori alla kuuluvad jäätmealaks klassifitseeritud katastriüksused, mille moodustavad valdavalt prügilad ja põlevkivi töötlemisega seotud prügilad (tuhaplatood ja poolkoksimaed). Eeldatakse, et töötavatest ja suletud prügilatest lähtuva saastunud vee jõudmine põhjavette on kas tühine või on ohtlikud objektid kajastatud jääkreostusobjektide all (klassifikaatorid 1.5 ja 2.5). Seetõttu antud klassifikaatoriga koormusallikaid järgnevas analüüsis kogumipõhiselt ei käsitleta.

Kaevandusvetest põhjustatud koormus (1.7). Kaevandusvetest põhjustatud koormus on põhjavee seisukohalt oluline koormusallikas. Ruumianalüüsis käsitletakse kaevandusveest põhjustatud punktikoormus allikana kaevanduste ja karjääride veelaskmeid.

2.4.2 Hajukoormusallikad (2)

Sademevee ülevool ja muu saastunud vee äravool linnastunud aladelt (2.1). Koormusallikat ei loeta oluliseks ega käsitleta uuringus täpsemalt. Koormusallikaga seotud info ja kaardikihid esitatakse punktikoormusallika 1.2 all.

Põllumajandusest põhjustatud koormus (2.2). Põllumajandus on põhjavee seisukohalt oluline koormusallikas. Täpsemate, näiteks väetamist puudutavate andmete puudumise tõttu kasutatakse põllumajandusest lähtuva koormuse mõju hindamiseks PRIA põllumassiive, mille pindala võrreldakse iga põhjaveekogumi kogupindalaga. Lisaks põllumassiividele hinnati koormusallikana loomakasvatusest tulenevat mõju. Põhjavee koormusallikaks loeti loomakasvatuse tegevuskohad, milles olevate loomade hulk ületas 5 loomühikut (LÜ) ning tegevuskohad seoti mõjutatud osavalglaga.

Metsamajandusest põhjustatud koormus (2.3). Koormusallikat ei loeta oluliseks ega käsitleta uuringus täpsemalt. Väetiste kasutamine metsamajanduses on keelatud (Metsaseaduse § 27 lõige 3) ning pestitsiidide kasutamine väga harv, mistõttu ei mõjuta metsade majandamine põhjaveekogumite üldist seisundit.

Transpordist põhjustatud koormus (2.4). Transpordist lähtuvat koormust ei ole siiani põhjavee seisukohalt peetud kuigi oluliseks, sest enamikes uuringutes pole tuvastatud seost transpordiga seotud saasteainete ja põhjavee saastumise vahel. Nii ei tuvastatud näiteks nitraaditundliku ala seiretulemuste analüüsil seoseid teede hoolduses kasutatavate pestitsiidide (nt glüfosaat, ADPE) ja põhjavees esinevate pestitsiidide vahel (Keskkonnaagentuur, 2017). Tallinnas läbiviidud uuringus (Hääl, 2003) tuvastati aga kloriidide ja raskemetallide suurenenud sisaldusi pinnases kuni 30 m kaugusel sõiduteedest. Sellest lähtuvalt käsitletakse koormuste ruumianalüüsis potentsiaalse koormusallikana ETAK-i teede ja rööbasteede ruumiobjekte ning nende lähiümbrust 30 meetri raadiuses. Koormuse mõju hindamiseks

võrreldakse teedele ja rööbasteedele loodud 30 m puhveralade pindala iga põhjaveekogumi kogupindalaga.

Lekked reostunud endistelt tööstusaladelt/jääkreostusega aladelt (2.5). Selle koormusallika all käsitletakse jääkreostusobjekte, mille heitvesi ei ole suunatud kindlale, teadaolevate koordinaatidega väljalasule ehk mille puhul ei saa koormust klassifitseerida punktkoormuseks. Oluliste jääkreostusaladena kaasatakse analüüsi alad, mis on kantud keskkonnaregistrisse ning millele on määratud kategooria 1-3 (vt seletust klassifikaatori 1.5 juures). Tegu on põhjavee seisukohalt olulise koormusallikaga, mida käsitletakse töös kogumipõhiselt, võrreldes jääkreostusalade pindalaid põhjaveekogumite kogupindaladega. Analüüsis ei käsitleta neid jääkreostusobjekte, kus jääkreostus on aruande või muu info alusel likvideeritud.

Koormus kanaliseerimata aladelt (2.6). Kanaliseerimata aladelt lähtuva koormuse olulisus sõltub asustustihedusest, ent selle mõju põhjavee seisundile on pigem lokaalne. Mitmed uuringud on näidanud, et 2007.–2013. aastal teostatud Euroopa Liidu Ühtekuuluvusfondi projektide toel on kanaliseerimata aladelt ja kanalisatsioonitorustike leketest pinnasele ja põhjaveele avalduv koormus nii bioloogilise hapnikutarbe (BHT7), üldlämmastiku, üldfosfori kui ka heljuvainete näitajate osas vähenenud umbes 70% võrra (OÜ Alkranel, 2018). Kanaliseerimata alad jäävad lokaalseks koormuseks põhjaveele selliste üksikmajapidamiste puhul, mis paiknevad kaitsmata või nõrgalt kaitstud põhjaveega aladel. Eelnevalt lähtuvalt käsitletakse kanaliseerimata aladelt lähtuvat koormust põhjavee seisukohalt potentsiaalselt olulisena ning kaasati ruumianalüüsi. Kuna kanaliseerimata alade kohta pole olemas koheselt kasutatavat kaardikihti, on vajalik selle tuletamine olemasolevatest andmetest. Ruumianalüüsis lähtutakse eeldusest, et kõik ETAK-is kaardistatud õuealad, mis ei kuulu ühtegi reoveekogumisalasse (EELIS), on kanaliseerimata alad. Reoveekogumisalade ruumikujude lahutamisel õuealadest saadakse kanaliseerimata alade kiht, mille pindala võrreldakse iga põhjaveekogumi kogupindalaga.

Kaevandamine (2.8). Kaevandamine on põhjavee seisukohalt oluline koormusallikas. Ruumianalüüsis loetakse kaevanduste mõjuraadiuseks mäeeraldiste piire, mis tähendab, et mõju hindamiseks võrreldakse aktiivsete mäeeraldiste pindalaid iga põhjaveekogumi kogupindalaga.

2.4.3 Veevõtust tingitud koormus (3)

Oluline koormusallikas ja kogu veevõttu saab käsitleda kogumipõhiselt. Alusandmestikuna kasutatakse KAURi veevõtu tabelid. Hetkel olemasolevate andmebaasi seoste raames ei ole võimalik üldises veevõtust eraldada erinevate tegevusaladega, nagu veevõtt põllumajanduse tarbeks (3.1), veevõtt ühisveevärgi tarbeks (3.2) või veevõtt tööstuse tarbeks (3.3), seotud koormusi.

2.4.4 Muud koormusallikad

Põhjavee tehistoitmine (6.1). Selle koormuse all on Infragate Eesti AS (2015) aruandes käsitletud suletud kaevanduste veega täitumist. Infragate töö raamides käsitletakse suletud kaevanduste mõju kaevandamisest põhjustatud hajukoormuse all (klassifikaator 2.8), sest suletud kaevanduste veega täitumise puhul ei ole rangelt võttes tegemist põhjavee tehistoitmisega, vaid saastumata põhjavee voolamisega kaevanduskäikudesse, kus see võib kokku puutuda saasteainete ja kaevanduskäikude seintele settinud sulfaatsete mineraalidega.

Käesolevas töös käsitletakse põhjavee tehistoitmise all selliseid maaparanduse eesvoole, kus kuivendusvesi juhitakse otse karsti. Tegu on potentsiaalse koormusallikaga, sest enamike selliste eesvoolude juures ei ole seirekaevusid (Andresson jt, 2018) ning seega puuduvad andmed tegeliku põhjaveele avaldatava koormuse kohta (nt nitraatide, pestitsiidide sisaldused). Karsti juhitud maaparanduse eesvoolude asukohtade andmed pärinevad Põllumajandus- ja Toiduametilt. Kuna tegu on punktandmetega, analüüsitakse neid sarnaselt teiste punktikoormusallikatega. Lisaks käsitletakse põhjavee tehistoitmise koormuse all selliseid pinnaveekogusid, mis suubuvad karsti või läbivad karstiala ning mis on seotud veelaskmetega – seda seetõttu, et karstist ülesvoolu jõkke suunatud veelaskmed võivad karstisüsteemi ümbruses põhjavee kvaliteeti mõjutada. Analüüsi kaasatud pinnaveekogude puhul võetakse arvesse nende karstist ülesvoolu jäävad lõigud, mis võrdsustatakse meetoodiliselt punktandmetega. See tähendab, et mõjutatuks loetakse kõik osavalglad, mida pinnaveekogude vaadeldavad lõigud läbivad.

Põhjaveetaseme ja koguse muutmine (6.2). Selle klassifikaatori alla loetakse suuremad ehitised, mille rajamisega kaasneb märkimisväärne veetasemete alandamine. Kogumipõhiselt on võimalik välja tuua mõned üksikud olulisemad objektid (nt Kaevandusmuuseum, Porto Franco, Viru vangla), aga kuna nende mõju kogumi koguselisele seisundile on lühiajaline või marginaalne, siis edasises analüüsis seda koormusallikat oluliseks ei loeta.

Ajaloolisest saastatusest tingitud koormus (9). Antud töö raames käsitletakse selle koormusega seotud objekte jääkreostusobjektide all (klassifikaatorid 1.5, 2.5), nagu varem on tehtud Infragate (2015) aruandes.

2.5. Ruumianalüüsis kasutatud koormusallikad

Eelanalüüsile tuginedes käsitletakse ruumianalüüsis oluliste koormusallikatena:

- heitvee väljalaset (klassifikaatorid 1.1, 1.2, 1.4),
- lekked endistelt saastunud tööstusaladelt/jääkreostusega aladelt (1.5, 2.5),

- kaevandusvetest ja kaevandamisest põhjustatud koormust (1.7, 2.8),
- põllumajandusest põhjustatud koormust (2.2),
- transpordist põhjustatud koormust (2.4),
- koormus kanaliseerimata aladelt (2.6),
- veevõtust tingitud koormust (3) ja
- põhjavee tehistoitmist (6.1).

Muid koormusallikaid ruumianalüüsis ei kasutatud.

3. Põhjaveekogumite koguselist seisundit mõjutavate koormusallikate mõju määramise meetodika

Veevõtust tingitud koormusallikate mõju arvutamine käib Eestis võrdlusena põhjaveekogumite loodusliku ressursi ning sealt võetava veehulga põhjal.

3.1. Põhjaveekogumi looduslik ressurss

Kehtiva seadusandluse kohaselt on põhjavee kasutamiseks üle 150 m³/kuus või 10 m³/d vajalik põhjavee erikasutuse luba (Veeseadus, 2025). Kui põhjaveevõtt ületab 500 m³/d, tuleb enne vee kasutamist uuringutega tõendada, et põhjaveevaru on piisav järgmiseks 10–30 aastaks.

Veeseaduse (2025) § 204 lõige 4 sätestab põhjaveevarude hindamise põhimõtted järgmiselt:

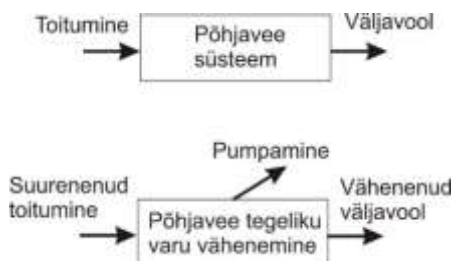
"Põhjaveevaru hindamisel võetakse aluseks põhjaveekogumi looduslik ressurss. Hindamisel tuleb arvestada põhjaveekihi hüdrogeoloogilisi tingimusi, sealhulgas põhjavee kaitstust, põhjaveest sõltuvate ökosüsteemide säilimist, olemasolevaid kehtestatud põhjaveevaruga alasid ja veehaardeid, inimtegevuse mõju, saastunud pinnase ja põhjaveega alade paiknemist ning piirkonnas asuvaid potentsiaalselt ohtlikke saasteallikaid."

Seni läbiviidud põhjaveevarude arvutuste peamine eesmärk on olnud põhjaveetasemete prognoosimine sõltuvalt veehaarete veekasutuse mahust. Seetõttu keskenduvad põhjavee tarbevarude uuringud valdavalt sellele, et etteantud veehaarde konfiguratsiooni ja kasutustingimuste korral ei langeks põhjaveetase uuritavas piirkonnas 27 aasta jooksul alla lubatud piiri. Lubatud piir sõltub põhjaveekihi tüübist ning survealiste põhjaveekihtide puhul on see põhjaveekihi ülemine piir ja mereäärsete põhjaveekihtide puhul on see merepinna kõrgus.

Kui aga soovitakse hinnata põhjavee tarbevarusid lähtudes põhjaveekogumi looduslikust ressursist, on vaja põhjalikumaid analüüse, mis arvestavad piirkonna hüdrogeoloogilisi tingimusi ning annavad vastuse küsimusele, mille arvelt põhjavett tarbitakse. Sellised hinnangud nõuavad ulatuslikke mudelarvutusi.

Kui hakatakse hindama põhjavee tarbevarusid lähtuvalt looduslikust ressursist, siis peab eeldama, et enne põhjavee kasutamise algust on looduslikus seisukorras oleva põhjaveekogumi seisund ligilähedane dünaamilisele tasakaalule. See tähendab, et teatud geoloogilise aja jooksul on sissevoolud põhjaveekogumisse võrdsed väljavooludega. Kliimast tulenevad kõikumised või sesoonsed kõikumised võivad tasakaalu lühiajaliselt rikkuda, kuid järgnevad tsüklid kompenseerivad selle.

Põhjavee kasutamise rikutakse põhjaveekogumi tasakaaluseisund, kuna võetakse välja lisahulk vett. Selleks, et tekiks uus tasakaaluseisund, kus kõik sissevoolud ja väljavoolud oleksid võrdsed, peab suurenema kas sissevool põhjaveekogumisse või vähenema väljavool põhjaveekogumist (joonis 1).



Joonis 1. Tasakaalus põhjaveekogum looduslikus seisundis (üleval) ning põhjavee tarbimise korral (all). (Seward jt., 2006)

Pumpamisest tulenevaid muutusi põhjaveekogumis on võimalik kirjeldada järgmise valemiga (Lohman, 1972):

$$R + \Delta R = D + \Delta D + Q + S \frac{\Delta h}{\Delta t},$$

kus

R - looduslik toitumine, ΔR - pumpamisest põhjustatud muutused toitumises, D - looduslik väljavool, ΔD - pumpamisest põhjustatud muutused väljavoolus, Q - pumpamine ja $S \frac{\Delta h}{\Delta t}$ põhjavee koguse muutus kivimites.

Levinud on eksiarvamus, et ohutu põhjaveevõtt (Q) võrdub põhjaveekihi algse loodusliku toitumisega (R) eeldades, et:

$$R = D + Q$$

Tegelikult peab arvestama, et põhjaveekogum on tasakaalus vaid juhul kui väljavool on võrdne toitumisega ning põhjavee koguses muutust ei ole, ehk:

$$R = D \quad \text{ja}$$

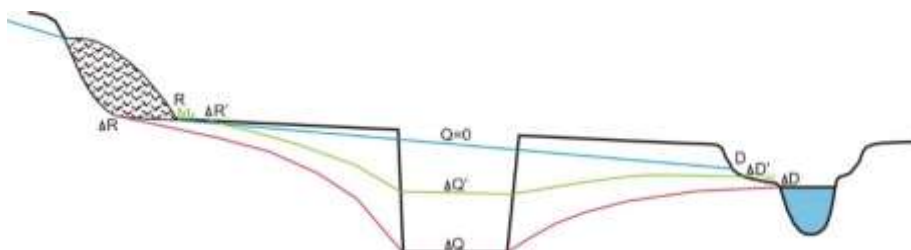
$$S \frac{\Delta h}{\Delta t} = 0$$

Seega on ainuke viis tasakaaluseisundisse jõudmiseks muutus kas põhjaveekogumi sissevoolus või väljavoolus (Seward jt., 2006):

$$\Delta R = \Delta D + Q \quad \text{või}$$

$$Q = \Delta R - \Delta D$$

Eelnevatest valemitest on näha, et pumpamiseelne looduslik toitumine R ning väljavool D ei oma põhjavee tarbimise mõjude hindamise kohalt olulist tähtsust, vaid meid huvitavad suurused on just pumpamisest tulenevad muutused põhjaveekihi toitumises ja väljavoolus, e ΔR ja ΔD .



Joonis 2. Veetasemete muutus ohutu põhjaveevõtu ning ökoloogiliselt ohutu põhjaveevõtu puhul.

Kuna põhjavee voolamine kivimites toimub filtratsioonilise voolamisena, siis pumpamise alguses luuakse mittestatsionaarne olukord, kus algselt saadakse vett peamiselt põhjavee koguse vähendamisest kivimipoorides (*storage*), mille tulemusena tekib depressioonilehter. Moodustunud depressioonilehter jätkab kasvamist seni, kuni ulatub teatud piirtingimusteni ning pumpamisega tekitatud lisaväljavool põhjaveekihi kompenseeritakse kas suurenenud toitumisega (lisatoitumine pinnaveekogudest, märgaladest) või vähenenud väljavooluga (allikad, väljavool pinnaveekogusse; joonis 2). Tulenevalt sellest peab alati arvestama teatud ajalise viivitusega, enne kui saabub järjekordne tasakaaluseisund.

3.2. Põhjaveekogumite looduslike ressursside arvutamine

Vastavalt kehtivale korrale (Keskkonnaministri määrus nr 48, 2022) peetakse põhjaveekogumi koguselist seisundiklassi heaks siis, kui selle põhjaveekogumi puhul on aasta keskmine põhjaveevõtu hulk väiksem kinnitatud põhjaveearust või vesikonna veemajanduskava koostamise käigus määratud looduslikust ressursist. Peale nimetatud tingimuste sõltub koguselise seisundiklassi hinne veel põhjaveetaseme inimtekkelistest muutustest, mis võivad halvendada põhjavee kvaliteeti või kahjustada põhjaveest sõltuvaid ökosüsteeme.

Veeseaduses (2025) on põhjaveekogumi looduslik ressurss defineeritud kui *põhjaveekogumi keskmine pikaajaline aasta toitumismäär, millest on lahutatud pikaajaline aastane vooluhulk, mis on vajalik põhjaveega seotud pinnavee hea ökoloogilise seisundi saavutamiseks, pinnavee ökoloogilise seisundi olulise halvenemise vältimiseks ja põhjaveest sõltuvate maismaa ökosüsteemide olulise kahjustumise vältimiseks.*

Eesti põhjaveekogumid moodustavad aluspõhja kivimites kolmemõõtmelise struktuuri, kus kogumid külgnivad üksteisega ning seeläbi mõjutavad ka üksteise bilansse. Eestis on põhjaveekogumid välja

eraldatud nii maapinnalähedastes põhjaveekihtides kui ka sügavates põhjaveekihtides, kus tuleb kasutada erinevaid loodusliku bilansi arvutuse printsiipe.

Põhjavee loodusliku ressursi arvutusel tuleb seetõttu eelkõige arvestada sellega, et sügavatel põhjaveekihtide sügavamatel (isoleeritumatel) osadel puudub otsene ühendus pinnaveega ning maismaaökosüsteemidega. Seetõttu on maapinnalähedaste ja sügavate põhjaveekogumite toitumistingimused erinevad. Teine oluline tegur on see, et enamik põhjaveekihtide sügavamate osadega seotud põhjaveekogumeid on sarnaselt maapinnalähedastega piiritletud piki vesikonna piire. Kui põhjaveekiht asub aga regionaalse põhjaveepideme all, siis ei mõjuta pinnaveekogude vesikonnad selle dünaamikat kuigivõrd. Sel juhul on vesikondade põhjal määratletud põhjaveekogumite piirid kunstlikud ning ei pruugi toimida eksisteerivate piiridena looduses. Lähtuvalt neist tingimustest tuleb alati arvestada, et Eesti välja eraldatud põhjaveekogumite looduslik bilanss sõltub suuresti teistest, neid ümbritsevatest põhjaveekogumitest.

Eesti põhjaveekogumite looduslike bilansid arvutati eelmise perioodi põhjaveekogumite kontseptuaalsete mudelite koostamisel (Marandi jt, 2019). Looduslike ressursside arvutuseks kasutati regionaalset, kogu Eesti Arteesiabasseini hõlmavat kolmedimensionaalset põhjavee dünaamika mudelit, mis baseerub USGS poolt arendatud põhjavee modelleerimise tarkvaral Modflow (Harbaugh & Arlen, 2005).

Käesoleva töö raames muudeti Meltsiveski põhjaveekogumi (PVK 28) piire ning arvutati uute piiride raamesse jääva põhjaveekogumi looduslik ressurss. Piiride muutuse vajalikkus tulenes 2020. a tehtud põhjaveekogumite seisundi hindamise tulemustest, kus leiti, et Meltsiveski põhjaveekogumi loodulik põhjaveevaru on väiksem selles kinnitatud põhjavee tarbevarudest (Marandi jt. 2020).

Seisundi hindamise tulemusena leiti, et PVK 28 negatiivne bilanss on tingitud põhjaveekogumi piiride asetusest ning on puhtalt arvutuslik. Suur osa põhjaveest, mida kasutavad veehaarded läbi PVK 28, on pärit seda ümbritsevast Kesk-Devoni põhjaveekihist (PVK 24). PVK 24 looduslik ressurss on 2 228 835 m³/ööpäevas ning põhjaveevõtt sellest on vaid 13 824 m³/ööpäevas. Seega on antud juhul tegemist meetodilise probleemiga, millele tuleb edaspidi lahendus leida.

Arvestades PVK 28 vee päritolu (PVK 24), leiti, et PVK 28 piiride suurendamine PVK 24 arvelt on hüdrogeoloogiliselt põhjendatud ning praktiliselt ei mõjuta PVK 24 looduliku ressursi. PVK 28 uue looduliku ressursi arvutuseks kasutati samuti USGS poolt loodud Modflow tarkvara. Mudeli kirjeldus on leitav 2017. a koostatud Tartu linna põhjaveevarude ümberhindamise aruandes (Polikarpus jt, 2017). Muudetud piiridega Meltsiveski põhjaveekogumi loodulikuks ressursiks saadi 16745 m³/ööpäevas.

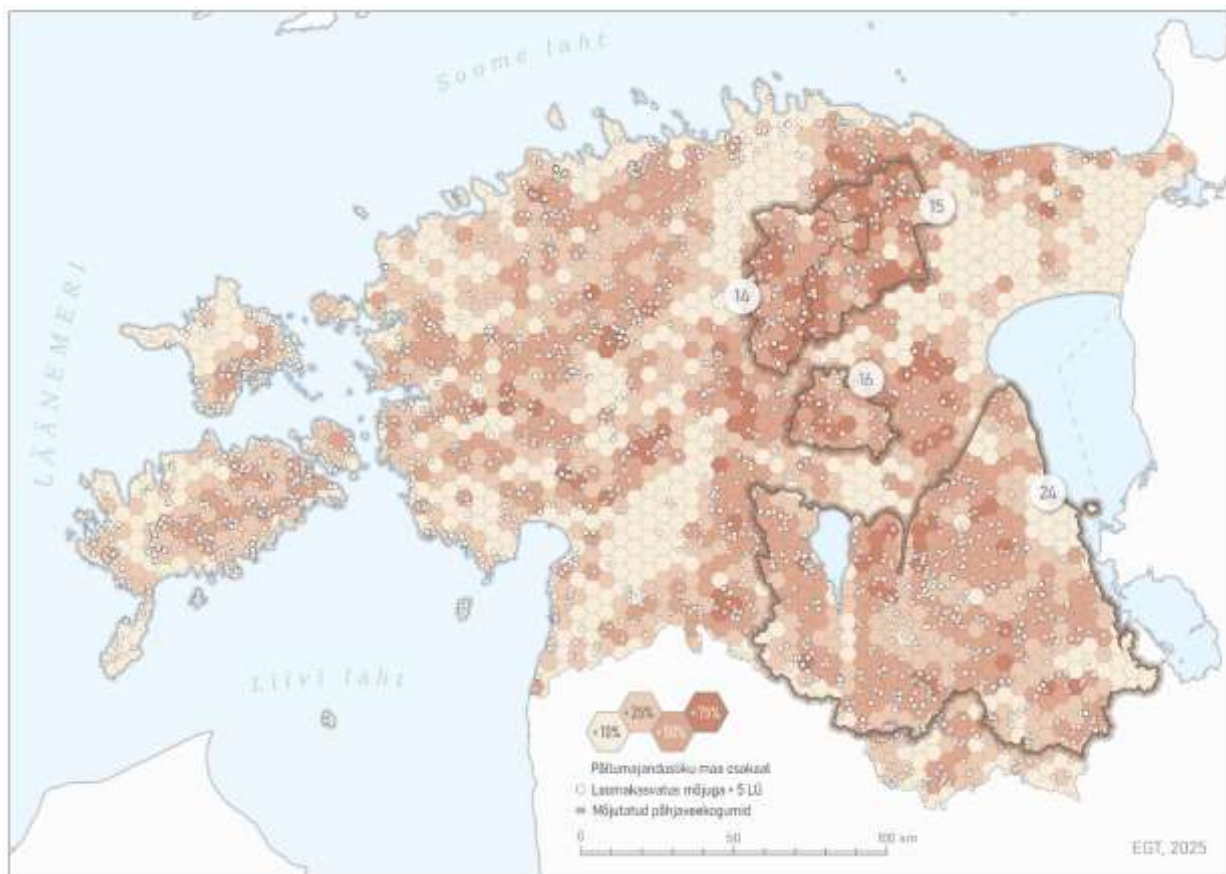
4. Põhjaveekogumite koormusallikate mõju hindamise tulemused

4.1. Põhjaveekogumite keemilist seisundit mõjutavate koormusallikate olulisus

4.1.1 Põhjaveekogumi keemilist seisundit mõjutavad koormusallikad

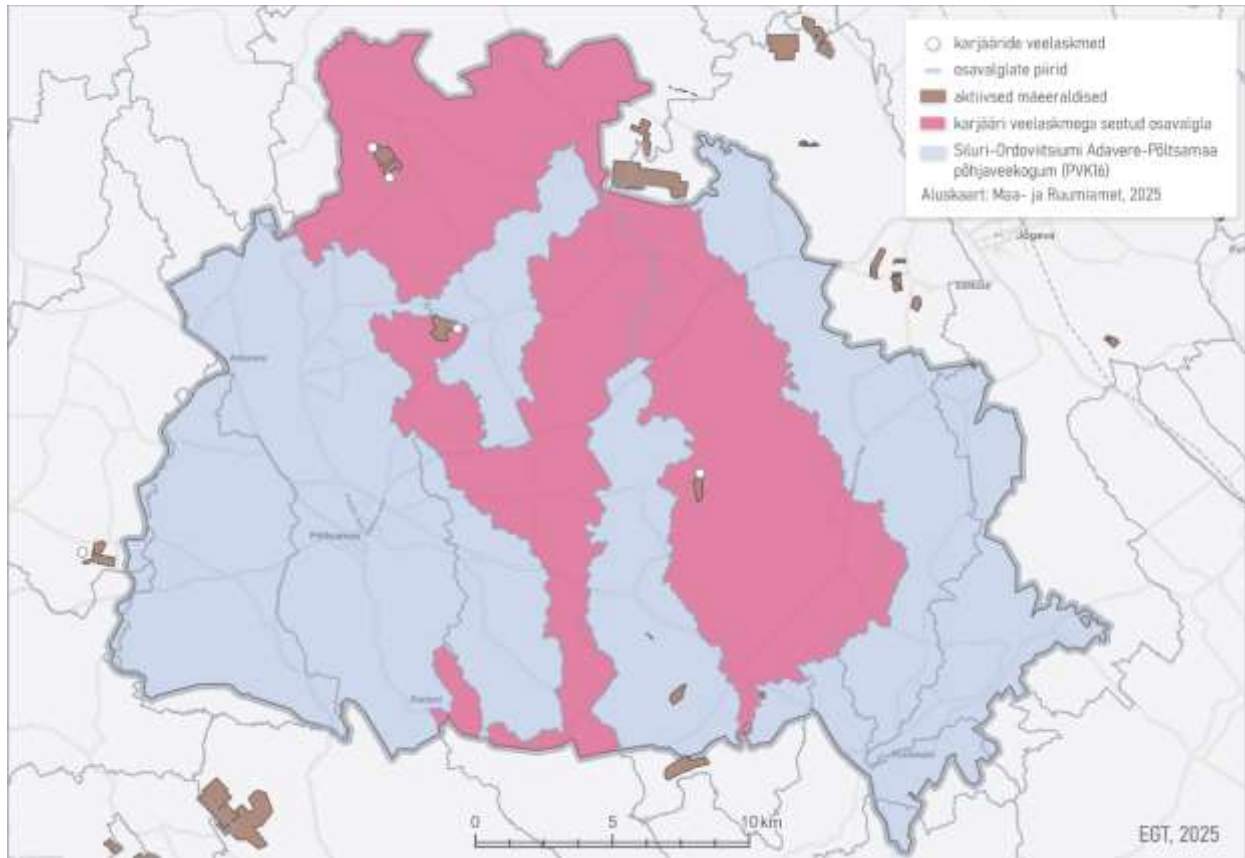
Põhjaveekogumite koormusallikate olulisus on esitatud tabelis 1. Kõik peamised koormusallikad on seotud eelkõige maapinnale lähima põhjaveekogumiga, kuna just nendesse jõuab maapinnalt lähtuv reostus kõige kiiremini (kogumid nr. 6–16, 19–31). Sügavamal asuvate põhjaveekogumite, mis on täielikult kaetud pealmiste põhjaveekogumitega, peamiseks surveteguriks on põhjaveevõtt (kogumid nr. 1–5b, 17, 18).

Ruumianalüüsi tulemused näitavad, et kõige olulisem hajukoormuse allikas on põllumajandusest tulenev reostus, mis on suhteliselt ühtlaselt jaotunud üle kõigi Eesti maapinnalähedaste aluspõhjaliste põhjaveekogumite (joonis 3). Esmakordselt kaasati põhjaveekogumite koormusallikate analüüsi PRIA andmestik loomakasvatajate kohta alates viiest loomühikust. Suurima põllumaa osakaaluga (40–44%) on Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere ja Adavere-Põltsamaa põhjaveekogumid (PVK 14–16) ning Kesk-Devoni Ida-Eesti põhjaveekogum (PVK 24), kuni 26%.



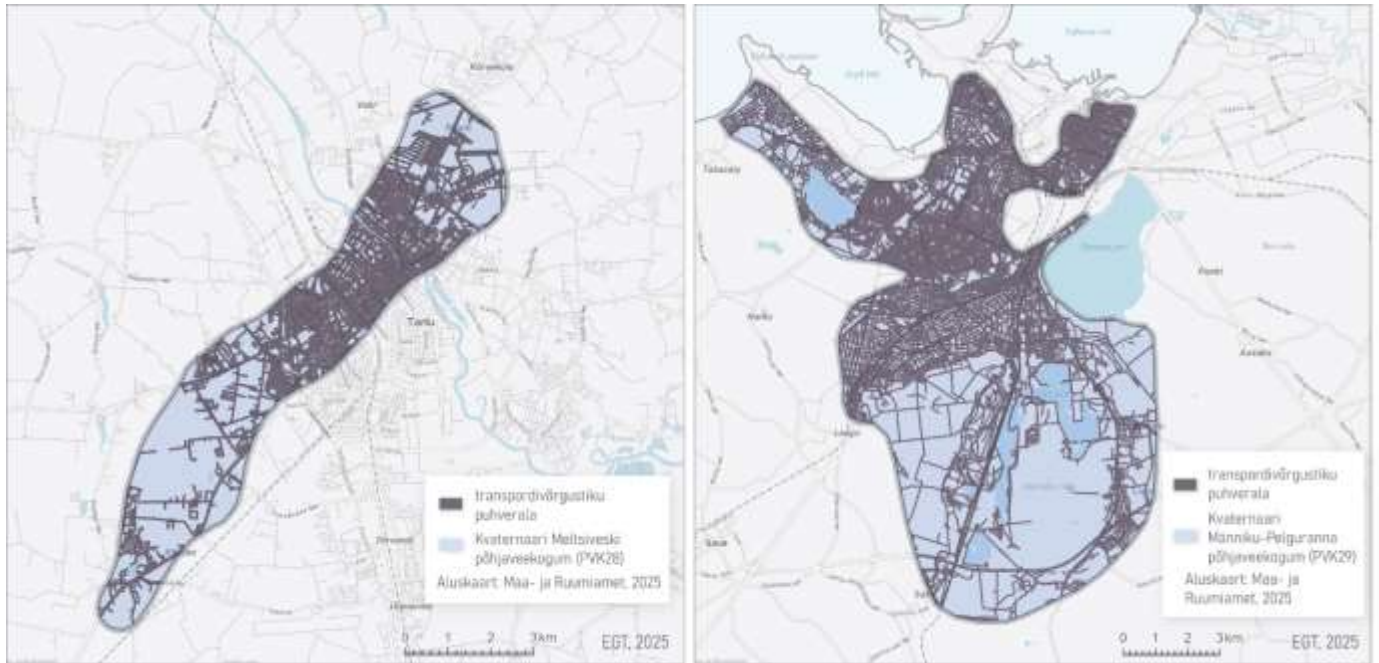
Joonis 3. Põllumajanduslik hajukoormus, üle 5 loomühikuga loomakasvatajad punktidenä ning suurima pindalalise mõjuga põhjaveekogumid nitraaditundlikul alal (PVKd 14-16) ja Lõuna-Eesti Ida-Eesti vesikonnas (PVK 24)

Eesti mastaabis avaldas lokaalsemat mõju kaevandamistegevusest lähtuv hajukoormus (klassifikaatorid 1.7 ja 2.8, Tabel 1). Kaevandustegevusest on kõige enam mõjutatud Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum (PVK 7), kus ulatuslik põlevkivikaevandus on kujunenud oluliseks koormusallikaks. Kõrged kaevandustegevusega seotud koormused ilmnesid ka PVK 16 puhul (tabel 1). Kuna see piirkond on lauge ning osavalglate pindalad on väga suured, mõjutab iga osavalglasse kuuluv ala oluliselt analüüsitulemusi. Täiendav vaatlus näitas, et kuigi kaevandustegevusega seotud osavalglate osakaal kogu põhjaveekogumis oli 39%, moodustasid tegelikud kaevandusalad alla 1% osavalgla pindalast (joonis 4). Seetõttu on põhjavee dünaamikast lähtudes vähetõenäoline, et need kaevandusalad võiksid osavalglat ning kogu põhjaveekogumit oluliselt mõjutada.



Joonis 4. Kaevandusalade ja kaevanduse veelaskude paiknemine S-O Adavere-Põltsamaa põhjaveekogumi (PVK 16) osavalglates

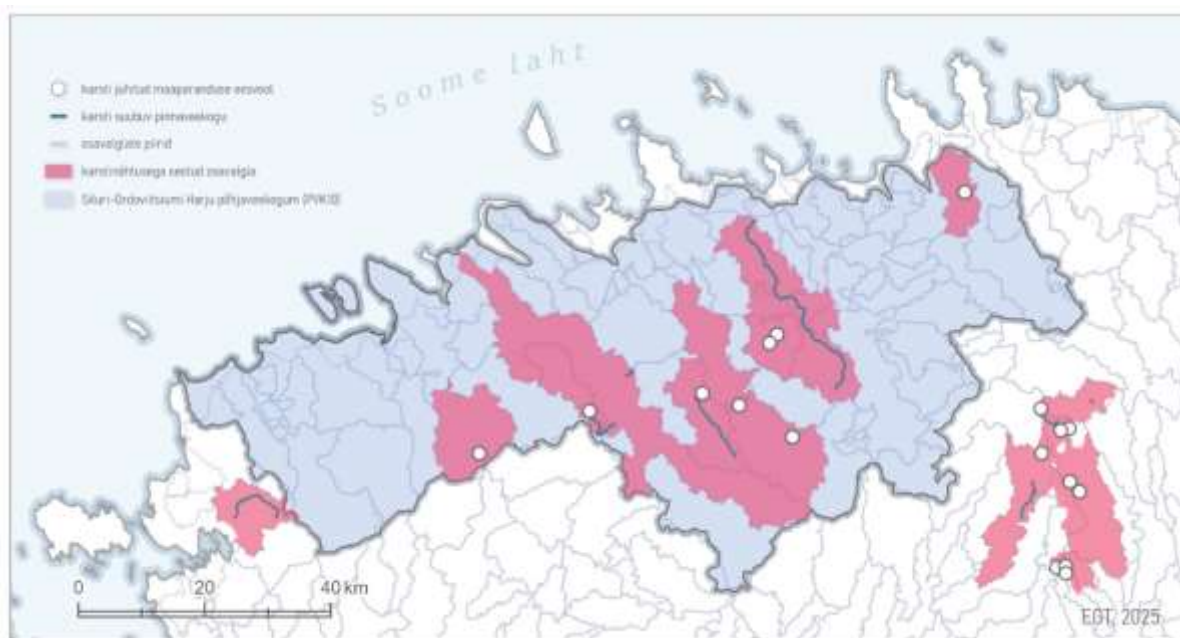
Teostatud ruumianalüüsi põhjal võib eeldada, et transpordist tingitud hajukoormusel on märkimisväärne mõju vaid tugevalt linnastunud piirkondadesse jäävates Kvaternaari põhjaveekogumites, eelkõige Meltsiveski ja Männiku-Pelguranna kogumites (vt tabel 1, joonis 5). Meltsiveski põhjaveekogumis katavad teed ja neid ümbritsevad puhveralad kokku 54% pindalast ning Männiku-Pelguranna põhjaveekogumis on vastav näitaja 53%, osutades koormusallikate olulisusele.



Joonis 5. Kvaternaari Meltsiveski ja Männiku-Pelguranna põhjaveekogumites olev transpordivõrgustik.

Jääkreostusobjektid mõjutavad enim väikese pindalaga ja nõrgalt kaitstud Kvaternaari põhjaveekogumeid, nagu näiteks Männiku-Pelguranna põhjaveekogum (PVK 29), kus see ulatus 35%. Suure pindalaga põhjaveekogumite puhul on nende mõju üldjuhul väheoluline või olematu.

Põhjavee tehisoitmine ja vee juhtimine karsti on PVK 10 puhul hinnatud väheoluliseks (joonis 6). PVK 10 eristus analüüsis tõenäoliselt seetõttu, et seal on kaardistatud ja EELIS-e süsteemi sisestatud kõige rohkem karstinähtusi. Kuna paljud juhtudel on seotud kraavide ja ojade lõppemisega karstisüsteemides, mis on osaliselt looduslik protsess, ei kujuta see PVK 10 seisundile olulist mõju.



Joonis 6. Karstinähtustega seotud osavalgid ja pinnaveekogud ning Siluri-Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogum (PVK 10)

Teiste ruumianalüüsis käsitletud koormusallikate mõju oli kasutatud metodika alusel ebaoluline ning nende kogupindala võrrelduna põhjaveekogumite pindalaga on nii väike, et see ei ole oluline kogu põhjaveekogumite keemilise seisundi muutmiseks (tabel 1).

Tabel 1. Koormusallikate mõju põhjaveekogumite keemilisele seisundile sõltuvalt pindalalisest osakaalust: 50% – oluline (punane), 25–50% – väheoluline (kollane), <25% – mitteoluline (valge).

| PVK nr | Koormusallika number | | | | | | | | | | | | | | Maapinna lähedane PVK | Kogumi pindala, km ² |
|--------|----------------------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|---------------------------------|
| | 1.1, 1.2, 1.4 | 1.5 | 2.5 | 2.5 | 1.5, 2.5 | 1.7 | 2.8 | 2.8 | 1.7, 2.8 | 2.2 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 6.1 | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | Ei | 3188 |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | Ei | 4957 |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | Ei | 8469 |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | Ei | 20455 |
| 5a | | | | | | | | | | | | | | | Ei | 6593 |
| 5b | | | | | | | | | | | | | | | Ei | 5192 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 41 | | 1 | 0 | Jah | 2111 |
| 7 | 13 | 17 | 1 | 2 | 18 | 48 | 12 | 37 | 60 | 13 | 76 | | 1 | 13 | Jah | 1101 |
| 8 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 53 | | 1 | 10 | Jah | 1011 |
| 9 | 6 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 66 | | 1 | 0 | Jah | 2895 |
| 10 | 10 | 5 | 0 | 0 | 6 | 5 | 1 | 1 | 6 | 18 | 83 | | 2 | 27 | Jah | 5054 |
| 11 | 0 | 10 | 0 | 0 | 10 | 9 | 1 | 1 | 10 | 22 | 83 | | 1 | 2 | Jah | 4884 |
| 12 | 7 | 3 | 0 | 0 | 3 | 11 | 2 | 2 | 13 | 23 | 86 | | 1 | 0 | Jah | 3540 |
| 13 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 | 5 | 24 | 78 | | 1 | 2 | Jah | 3357 |
| 14 | 22 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 96 | | 2 | 17 | Jah | 1101 |
| 15 | 2 | 16 | 0 | 0 | 16 | 5 | 0 | 0 | 5 | 44 | 92 | | 2 | 14 | Jah | 1293 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 | 0 | 0 | 39 | 40 | 100 | | 2 | 0 | Jah | 626 |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | Ei | 4003 |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | Ei | 6166 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | | 2 | 0 | Jah | 11 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | | 5 | 0 | Jah | 17 |
| 21 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 7 | 37 | | 1 | 0 | Jah | 4440 |
| 22 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 3 | 3 | 13 | | 0 | 0 | Jah | 7754 |
| 23 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 22 | 83 | | 1 | 0 | Jah | 2353 |
| 24 | 7 | 11 | 0 | 0 | 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 26 | 88 | | 2 | 0 | Jah | 8800 |
| 25 | 7 | 8 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 63 | | 1 | 0 | Jah | 1329 |
| 26 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 83 | | 1 | 0 | Jah | 730 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 24 | | 0 | 0 | Jah | 74 |
| 28 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 100 | 54 | 13 | 0 | Jah | 9 |
| 29 | 0 | 35 | 0 | 0 | 35 | 0 | 6 | 6 | 6 | 1 | 0 | 53 | 1 | 0 | Jah | 115 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 4 | 0 | Jah | 7 |

4.2. Põhjaveekogumi koguselist seisundit mõjutavad koormusallikad

Lisaks keemilist seisundit mõjutavatele koormusallikatele, esineb põhjaveekogumis ka nende koguselist seisundit mõjutav koormusallikas – veevõtt. Veevõtu puhul on olulisteks teguriteks veevõtu maht, veehaarete hajutus ja põhjaveekihi hüdrogeoloogilised omadused. Enamikus Eesti põhjaveekogumites on tegelik veevõtt praegu väiksem kui looduslik ressursi taastumine (tabel 2), mistõttu otsest seisundi halvenemist ei ole täheldatud. Siiski on teatud piirkonnad suurema ohustatusega, mis on seotud intensiivse veekasutuse ja keerukate hüdrogeoloogiliste tingimustega.

Erilist tähelepanu vajab Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum, kus ulatuslik põhjavee väljapumpamine mõjutab kaevanduste läheduses olevaid puurkaeve ning võib avaldada mõju ka pinnaveekogudele ja nendega seotud ökosüsteemidele.

Kõrgema ohustatusega on ka Kambriumi-Vendi põhjaveekogum ja Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas. Nendes piirkondades on põhjaveekiht sügav ja looduslik taastumine aeglane. Suurem veevõtt võib põhjustada veetaseme langust, mis võib omakorda suurendada merevee sissetungi ohtu rannikualadel, soodustada ülemistest veekihtidest lekkimist või võimaldada reostunud vee infiltreerumist läbi ürgorgude põhjaveekogumisse.

Madalama ohustatusega on Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa põhjaveekogum, Siluri-Ordoviitsiumi Harju põhjaveekogum, Siluri-Ordoviitsiumi Matsalu põhjaveekogum, Pandivere Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas, Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum, Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas ja Kvaternaari Männiku-Pelguranna põhjaveekogum. Nendes piirkondades toimub veekasutus peamiselt pindmistest veekihtidest, kus põhjavee ammutamine on hajutatud ja veevarude taastumine toimub kiiremini. Kuna tarbimismahud on väiksemad ja looduslik vee liikumine püsib stabiilsena, ei ole neis piirkondades praegu märgata olulist veetaseme langust ega vee kvaliteedi muutusi.

Tabel 2. Eesti põhjaveekogumite looduslik ressurss, kinnitatud põhjaveevaru ning veevõtt.

| PVK nr | Nimi | Looduslik ressurss (m ³ /d) | Põhjavee kinnitatud varu 2023.a (m ³ /d) | Veevõtt 2023.a (m ³ /d) | Kasutamiseks olev vaba põhjaveekogus* | Minimaalne looduslik vaba ressurss** | Minimaalne looduslik kasutatav veehulk*** |
|--------|--|--|---|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 | Kambriumi-Vendi Gdovi | 10675 | 16560 | 6394 | 10166 | -5885 | 4281 |
| 2 | Kambriumi-Vendi Voronka | 15442 | 12360 | 4829 | 7531 | 3082 | 10613 |
| 1+2 | Kambriumi-Vendi Gdov+Voronka ühendatud puurkaevudega | | 8670 | 238 | 8432 | | |
| 3 | Kambriumi-Vendi | 25580 | 87900 | 23596 | 64304 | -62320 | 1984 |
| 4 | Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas | 35714 | 30360 | 8983 | 21377 | 5354 | 26731 |
| 5a | Ordoviitsiumi-Kambriumi | 49519 | 7280 | 2632 | 4648 | 42239 | 46888 |

| PVK nr | Nimi | Looduslik ressurss (m ³ /d) | Põhjavee kinnitatud varu 2023.a (m ³ /d) | Veevõtt 2023.a (m ³ /d) | Kasutamiseks olev vaba põhjaveekogus* | Minimaalne looduslik vaba ressurss** | Minimaalne looduslik kasutatav veehulk*** |
|--------|--|--|---|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| | Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas | | | | | | |
| 5b | Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas | 4208 | 9250 | 2749 | 6501 | -5042 | 1459 |
| 6 | Ordoviitsiumi Ida-Viru | 285853 | | 434 | -434 | 285853 | 285419 |
| 7 | Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini | 107903 | 5000 | 426211 | -421211 | 102903 | -318308 |
| 8 | Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa | 45522 | | 420 | -420 | 45522 | 45102 |
| 9 | Siluri Saaremaa | 126090 | 6100 | 4150 | 1950 | 119990 | 121940 |
| 10 | Siluri-Ordoviitsiumi Harju | 756654 | 2231 | 7409 | -5178 | 754423 | 749244 |
| 11 | Siluri-Ordoviitsiumi Matsalu | 459699 | 4900 | 5448 | -548 | 454799 | 454251 |
| 12 | Siluri-Ordoviitsiumi Pärnu | 471451 | 12400 | 8019 | 4381 | 459051 | 463431 |
| 13 | Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas | 741250 | 2880 | 27153 | -24273 | 738370 | 714097 |
| 14 | Pandivere Siluri-Ordoviitsiumi Lääne-Eesti vesikonnas | 303295 | 3200 | 2792 | 408 | 300095 | 300503 |
| 15 | Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum | 483213 | 6910 | 16198 | -9288 | 476303 | 467015 |

| PVK nr | Nimi | Looduslik ressurss (m ³ /d) | Põhjavee kinnitatud varu 2023.a (m ³ /d) | Veevõtt 2023.a (m ³ /d) | Kasutamiseks olev vaba põhjaveekogus* | Minimaalne looduslik vaba ressurss** | Minimaalne looduslik kasutatav veehulk*** |
|--------|--|--|---|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| | Lääne-Eesti vesikonnas | | | | | | |
| 16 | Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa põhjaveekogum | 198805 | 2700 | 7928 | -5228 | 196105 | 190877 |
| 17 | Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas | 536689 | 23000 | 13478 | 9522 | 513689 | 523211 |
| 18 | Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Devoni kihtide all Ida-Eesti vesikonnas | 336699 | 29960 | 6690 | 23270 | 306739 | 330009 |
| 19 | Kesk-Alam-Devoni Ruhnu | 805 | | 12 | | 805 | 793 |
| 20 | Kesk-Alam-Devoni Kihnu | 1176 | | | | 1176 | 1176 |
| 21 | Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas | 536689 | | 607 | -607 | 536689 | 536082 |
| 22 | Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas | 336699 | 10920 | 6145 | 4775 | 325779 | 330554 |
| 23 | Kesk-Devoni põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas | 460246 | | 543 | -543 | 460246 | 459703 |
| 24 | Kesk-Devoni põhjaveekogum | 2228835 | 16235 | 12352 | 3883 | 2212600 | 2216483 |

| PVK nr | Nimi | Looduslik ressurss (m ³ /d) | Põhjavee kinnitatud varu 2023.a (m ³ /d) | Veevõtt 2023.a (m ³ /d) | Kasutamiseks olev vaba põhjavee-kogus* | Minimaalne looduslik vaba ressurss** | Minimaalne looduslik kasutatav veehulk*** |
|---|--|--|---|------------------------------------|--|--------------------------------------|---|
| | Ida-Eesti vesikonnas | | | | | | |
| 25 | Kesk-Devoni põhjaveekogum Koiva vesikonnas | 536689 | | 223 | | 536689 | 536465 |
| 26 | Ülem-Devoni | 221586 | | 95 | | 221586 | 221491 |
| 27 | Kvaternaari Vasavere | 13725 | 8000 | 5841 | 2159 | 5725 | 7884 |
| 28 | Kvaternaari Meltsiveski | 16745 | 7500 | 5897 | 1603 | 9245 | 10848 |
| 29 | Kvaternaari Männiku-Pelguranna | 34168 | | 414 | -414 | 34168 | 33754 |
| 31 | Kvaternaari Prangli | 740 | | 28 | | 740 | 712 |
| <p>* Kinnitatud varu miinus veevõtt;</p> <p>** Looduslik ressurss miinus põhjavee kinnitatud varu;</p> <p>*** Looduslik ressurss miinus veevõtt 2023. a.</p> <p>Veevõtu ja kinnitatud varude andmed Keskkonnaagentuurist 2023. a seisuga, loodusliku ressursi andmed eelmise perioodi põhjaveekogumite kontseptuaalsete mudelite tööst (Marandi jt, 2019)</p> | | | | | | | |

4.3. Põhjaveekogumite ohustatus

Tulenevalt koormusallikate olulisusest ning eelmise perioodi põhjaveekogumite seisundite hinnangust, hinnati alusandmete põhjal põhjaveekogumite ohustatust järgnevas perioodiks (Tabel 3). Põhjaveekogum on käesoleva töö raames loetud ohustatuks kui:

1. eelmise perioodi seisund oli halb;
2. põhjaveekogumis on olulised koormusallikad

4.3.1 Veevõtu tõttu ohustatud põhjaveekogumid

Veevõtu tõttu on olulisel määral ohustatud põhjaveekogumid PVK 1, 2, 3, 4, 5b ja 7 (tabel 3). Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumi (PVK 7) seisund oli eelmisel hindamisperioodil halb (Marandi jt., 2020) ning ulatusliku põlevkivikaevandamise jätkumise tõttu ei ole selle perioodi

jooksul võimalik seisundit parandada. Teiste ohustatud põhjaveekogumite (PVK 1, 2, 3, ja 5b) puhul tuleneb hinnang sellest, et nende kinnitatud põhjavee tarbevarud ületavad looduslikku ressursi.

Eestis kehtivad regulatsioonid tingivad olukorra, kus põhjavee tarbevarude omanikud peavad taotlema suuremat kinnitatud varu, kui neil igapäevaselt vaja on. Seda tehakse, et tagada suurema tarbimishulgaga veeloa saamine, mis võimaldab katta harva esinevaid tipukoormusi ning vältida tarbimispiirangute ületamise trahve. Tabelis 2 on näha, et tegelik aastane veevõtt on neis põhjaveekogumites 2–3 korda väiksem kinnitatud tarbevarudest. Kuna aga kehtestatud tarbevarud annavad loa kasutada maksimaalses mahus varusid pidevalt, on need põhjaveekogumid märgitud ohustatuks.

4.3.2 Eelmise perioodi halvas seisundis olevad, endiselt ohustatud põhjaveekogumid

Eelmisel perioodil hinnati keemilise seisundi põhjal halvas seisundis olevateks põhjaveekogumid 6, 11 ja 27 ja 31 (tabel 3), kus peamiseks probleemiks olid NH_4 ja PHT_{Mn} kõrged sisaldused (Marandi jt., 2020). Seisundi hindamise tulemusena soovitati järgneva perioodi vältel läbi viia uuringud, et selgitada nende ühendite päritolu – kas see on looduslik või inimtekkeline – ning hinnata seirevõrkude esinduslikkust.

2019.–2023. a viidi põhjaveekogumites 5a, 6, ja 7 LIFE IP CleanEST projekti (tegevus C.9) raames läbi seirevõrku kuuluvate seirekaevude uuringud, mis olid ka 2020. aasta hinnangus probleemseks välja toodud. Ühtlasi tehti edaspidiseks soovitused põhjaveekogumite seirevõrgu hindamiseks eesmärgiga selgitada, kas olemasolev seirekaevude võrgustik on seisundihinnanguteks vajalik, piisav ja asjakohane. Kuna PVK 6 ja 27 seirevõrgustikku ei ole seni muudetud, ei ole võimalik anda usaldusväärset hinnangut nende põhjaveekogumite seisundile ning need on endiselt loetud ohustatuks.

Põhjaveekogumis 11 on vaja selgitada kõrgete PHT_{Mn} näitude ja tõusutrendide põhjuseid. 2025. aastal algab LIFE SIP WetEST projekt, mis kestab kuni 2033. aastani ning mille raames hinnatakse ka PVK 11 seirekaevude seisundit ja esinduslikkust. Kuni uuringute tulemuste saabumiseni loetakse PVK 11 endiselt ohustatuks.

Põhjaveekogum 27 hinnati halvas seisundis olevaks ka Test 7 põhjal, kuna Vasavere veehaare mõjutab Natura 2000 kaitsealuseid järvi. Hetkel on käimas veehaarde töö muutmise protsess, kuid kuni uus veehaare on käivitatud ja esimesed seireandmed saadud, jääb PVK 27 ohustatuks ka veevõtu mõjul põhjaveest sõltuvatele ökosüsteemidele.

Prangli põhjaveekogum (PVK 31) hinnati 2020. aasta seisundihindamises halba keemilisse seisundisse seirekaevude kõrge PHT ja madala pH tõttu (Marandi jt, 2019). Seisundihindamise järgselt on AS Viimsi Vesi tellimusel tehtud Prangli veeseire aruannetes kirjeldatud Prangli põhjavee koostise kujunemist ja jälgitud probleemseid näitajaid (Al, Fe, Mn) ka kaevudes mis ei ole PVK seires (Raidla ja Tarros, 2022).

Seirearuandes on leitud, et Prangli põhjavesi pärineb eranditult kohalikest sademetest. Põhjavee madal mineraalsus viitab karbonaatsete mineraalide vähesele levikule saarel. Seega ei toimu sademete infiltreerumisel maapinda olulist pH puhverdumist ja põhjavesi säilitab sademetele omase nõrgalt happelise reaktsiooni (pH = 5,8–7,0). Kõrge PHT allikana põhjavees on välja toodud mattunud orgaanilised ühendid. Orgaanika esinemisele pinnases viitab ka puuraugu kaudu eralduv metaan, mis on Prangli saare tuntud atraktsioon. Kuna mõlemad 2019. aastal kogumi halba keemilist seisundit põhjustanud põhjavee keemilised näitajad on hilisemate uuringute järgi tingitud looduslikest oludest pole PVK 31 ohustatud.

4.3.3 Oluliste keemilist seisundit mõjutavate koormusallikatega põhjaveekogumid

Kui arvestada **põllumajandusmaade koormõju loomakasvatusega**, peaks suurem osa maapinnalähedastest põhjaveekogumitest olema ohustatud, kuna põhjaveekogumite 6–16, 21, 23–26 ja 28 aladel moodustab põllumajandustegevus märkimisväärse osa kogu põhjaveekogumi pindalast (tabel 3). Loomakasvatuse mõju hindamine on aga keeruline, kuna hetkel on arvesse võetud kõik loomakasvatuse punktallikad alates viiest loomühikust, mis võib viia mõningase koormusallika olulisuse ülehindamiseni. **Seetõttu on käesolevas hindamises ohustatuks loetud need põhjaveekogumid, kus esineb suurem loomapidamiskohtade kontsentratsioon ning põllumajandusmaade osakaal on võrreldes teistega kogumitega suurem, st põhjaveekogumid 14, 15, 16 ja 24.**

Kaks põhjaveekogumit, 28 ja 29, on ohustatud transpordist tuleneva koormuse tõttu. Need põhjaveekogumid asuvad tiheasustusaladel: Kvaternaari Meltsiveski põhjaveekogum Tartus ning Kvaternaari Männiku ja Pelguranna põhjaveekogum Tallinnas. Kuna transpordimaa osakaal koos puhveraladega moodustab nendes põhjaveekogumites üle 50% kogu pindalast, on need loetud ohustatuks.

Tabel 3. Koormusallikate mõju hinnang ning põhjaveekogumite ohustatus lähtuvalt koormusallikate olulisusest

| PVK nr | Põhjaveekogum | Seisund (Marandi jt., 2020) | Koormusallika mõju hinnang | Koormusallikas | Kogumi ohustatuse hinnang (ohustatud/ei ole ohustatud) |
|--------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------|--|
| 1 | Kambriumi-Vendi Gdovi | Hea (ohustatud) | Oluline | Veevõtt: 3 | Ohustatud (koguseline seisund) |
| | | | Väheoluline | | |
| 2 | Kambriumi-Vendi Voronka | Halb | Oluline | Veevõtt: 3 | Ohustatud (koguseline seisund) |
| | | | Väheoluline | | |

| PVK nr | Põhjaveekogum | Seisund (Marandi jt., 2020) | Koormusallika mõju hinnang | Koormusallikas | Kogumi ohustatuse hinnang (ohustatud/ei ole ohustatud) |
|--------|--|-----------------------------|----------------------------|--|--|
| 3 | Kambriumi-Vendi | Hea (ohustatud) | Oluline | Veevõtt: 3 | Ohustatud (koguseline seisund) |
| | | | Väheoluline | | |
| 4 | Ordoviitsiumi-Kambriumi Lääne-Eesti vesikonnas | Hea (ohustatud) | Oluline | - | ei ole ohustatud |
| | | | Väheoluline | | |
| 5a | Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa | Hea | Oluline | | ei ole ohustatud |
| | | | Väheoluline | | |
| 5b | Ordoviitsiumi-Kambriumi Tartu | Hea | Oluline | Veevõtt: 3 | Ohustatud (koguseline seisund) |
| | | | Väheoluline | | |
| 6 | Ordoviitsiumi Ida-Viru | Halb | Oluline | | Ohustatud (keemiline seisund) |
| | | | Väheoluline | Hajukoormus: 2.2 | |
| 7 | Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini | Halb | Oluline | Veevõtt: 3 Punktkoormus: 1.7 Hajukoormus: 2.8 | Ohustatud (koguseline ja keemiline seisund) |
| | | | Väheoluline | Hajukoormus: 2.2 | |
| 8 | Siluri-Ordoviitsiumi Hiiumaa | Hea (ohustatud) | Oluline | - | ei ole ohustatud |
| | | | Väheoluline | | |
| 9 | Siluri-Ordoviitsiumi Saaremaa | Hea (ohustatud) | Oluline | - | ei ole ohustatud |
| | | | Väheoluline | Hajukoormus: 2.2 | |
| 10 | Siluri-Ordoviitsiumi Harju | Hea | Oluline | - | ei ole ohustatud |
| | | | Väheoluline | Veevõtt: 3 Hajukoormus: 2.2 Muu koormus: 6.1 | |
| 11 | Siluri-Ordoviitsiumi Matsalu | Halb | Oluline | - | Ohustatud (keemiline seisund) |
| | | | Väheoluline | Veevõtt: 3, Hajukoormus: 2.2 | |
| 12 | | | Oluline | - | ei ole ohustatud |

| PVK nr | Põhjaveekogum | Seisund (Marandi jt., 2020) | Koormusallika mõju hinnang | Koormusallikas | Kogumi ohustatuse hinnang (ohustatud/ei ole ohustatud) |
|--------|---|-----------------------------|----------------------------|---|--|
| | Siluri-Ordoviitsiumi Pärnu | Hea (ohustatud) | Väheoluline | Hajukoormus: 2.2 | |
| 13 | Siluri-Ordoviitsiumi Ida-Eesti vesikonnas | Hea | Oluline | - | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | Veevõtt: 3 Hajukoormus: 2.2 Muu koormus: 6.1 | |
| 14 | Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Lääne-Eesti vesikonnas | Hea | Oluline | Hajukoormus: 2.2 | Ohustatud <i>(keemiline seisund)</i> |
| | | | Väheoluline | | |
| 15 | Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas | Halb | Oluline | Hajukoormus: 2.2 | Ohustatud <i>(keemiline seisund)</i> |
| | | | Väheoluline | Veevõtt: 3 | |
| 16 | Siluri-Ordoviitsiumi Adavere-Põltsamaa | Hea | Oluline | Hajukoormus: 2.2 | Ohustatud <i>(keemiline seisund)</i> |
| | | | Väheoluline | Veevõtt: 3 Punktkoormus: 1.7 Hajukoormus: 2.8 | |
| 17 | Siluri-Ordoviitsiumi Devoni kihtide all Lääne-Eesti vesikonnas | Hea | Oluline | - | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | | |
| 18 | Siluri-Ordoviitsiumi Devoni kihtide all | Hea | Oluline | - | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | Veevõtt: 3 | |

| PVK nr | Põhjaveekogum | Seisund (Marandi jt., 2020) | Koormusallika mõju hinnang | Koormusallikas | Kogumi ohustatuse hinnang (ohustatud/ei ole ohustatud) |
|--------|---|-----------------------------|----------------------------|--|--|
| | Ida-Eesti vesikonnas | | | | |
| 19 | Kesk-Alam-Devoni Ruhnu | Hea | Oluline | - | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | - | |
| 20 | Kesk-Alam-Devoni Kihnu | Hea (ohustatud) | Oluline | - | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | | |
| 21 | Kesk-Alam-Devoni Lääne-Eesti vesikonnas | Hea (ohustatud) | Oluline | - | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | Veevõtt: 3 Hajukoormus: 2.2 | |
| 22 | Kesk-Alam-Devoni Ida-Eesti vesikonnas | Hea | Oluline | - | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | | |
| 23 | Kesk-Devoni Lääne-Eesti vesikonnas | Hea | Oluline | | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | Veevõtt: 3 Hajukoormus: 2.2 | |
| 24 | Kesk-Devoni Ida-Eesti vesikonnas | Halb | Oluline | Hajukoormus: 2.2 | Ohustatud <i>(keemiline seisund)</i> |
| | | | Väheoluline | | |
| 25 | Kesk-Devoni Koiva vesikonnas | Hea | Oluline | | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | Hajukoormus: 2.2 | |
| 26 | Ülem-Devoni | Hea | Oluline | | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | Hajukoormus: 2.2 | |
| 27 | Kvaternaari Vasavere | Halb | Oluline | - | Ohustatud <i>(koguseline ja keemiline seisund)</i> |
| | | | Väheoluline | - | |
| 28 | Kvaternaari Meltsiveski | Hea (ohustatud) | Oluline | Hajukoormus: 2.4 | Ohustatud <i>(keemiline seisund)</i> |

| PVK nr | Põhjaveekogum | Seisund (Marandi jt., 2020) | Koormusallika mõju hinnang | Koormusallikas | Kogumi ohustatuse hinnang (ohustatud/ei ole ohustatud) |
|--------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--|--|
| | | | Väheoluline | - | |
| 29 | Kvaternaari Männiku-Pelguranna | Hea (ohustatud) | Oluline | Hajukoormus: 2.4 | Ohustatud (keemiline seisund) |
| | | | Väheoluline | Veevõtt: 3 Punktkoormus: 1.5 Hajukoormus: 2.5 | |
| 31 | Kvaternaari Prangli | Halb | Oluline | - | <i>ei ole ohustatud</i> |
| | | | Väheoluline | - | |

Kokkuvõte

Koostatud ruumianalüüsi ning veekasutusandmete töötlus näitab, et

Põhjaveekogumite keemilise seisundit mõjutavad koormusallikad on:

- Põllumajandusest tulenev hajureostus, mis on üks peamisi koormusallikaid, mis mõjutab maapinnalähedasi põhjaveekogumeid. Eriti tugev mõju põllumajandusel on Pandivere ja Ida-Eesti piirkonnas.
- Kaevandustegevusest tulenevad mõjud on lokaalsed, kuid olulised, eriti Ida-Viru põlevkivibasseinis.
- Linnastunud piirkondade põhjaveekogumitele, nagu Meltsiveski ja Männiku-Pelguranna, avaldab transport märkimisväärset mõju.

Põhjaveekogumite koguselist seisundit mõjutavad koormusallikad on:

- Põhjaveevõtt, mille mõju on võimalik hinnata, võrreldes põhjaveekogumis kehtestatud põhjaveevaru ning looduslikku ressursi. Veevõtust mõjutatud põhjaveekogumid on peamiselt suure elanike arvuga kondades ning tööstus- ja kaevanduspiirkondades (Harjumaa, Ida-Virumaa).

Tulenevalt koormusallikate olulisusest ning põhjaveekogumite varasemast seisundist hinnati 31 põhjaveekogumist 15 potentsiaalselt ohustatuks:

- Suure põhjavee tarbimise tõttu on ohustatud põhjaveekogumid PVK 1, 2, 3, 4, 5b ja 7.
- Eelmisel perioodi hinnangu ning hetkel nende põhjaveekogumite kohta oleva info põhjal hinnati ohustatuks põhjaveekogumid 6, 11 ja 27.
- Põllumajandustegevuse tõttu hinnati ohustatuks põhjaveekogumid 14, 15, 16 ja 24.
- Kaks põhjaveekogumit, 28 ja 29, hinnati ohustatud transpordist tuleneva koormuse tõttu.

Kasutatud kirjandus

- Alkranel OÜ. 2018. Uuring „Ühtekuuluvusfondi meetme „Veemajanduse infrastruktuuri arendamine“ keskkonnamõju väljaselgitamine ja seireinfo kontrollimine ning koondamine. OÜ Alkranel, Tartu.
- Andresson, A., Viss, V., Lääne, M. 2018. Riigi tegevus põhjavee kaitsmisel. Riigikontrolli aruanne Riigikogule, Tallinn, 9. jaanuar 2018.
- Harbaugh, A.W. 2005. MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model — the Ground-Water Flow Process. U.S. Geol. Surv. Tech. Methods 253. <https://doi.org/U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16>
- Hääl, M.-L. 2003. Transpordi saastekoormuse mõju hindamine ja vähendamise meetmete analüüs. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn.
- Infragate. 2015. Põhjaveekogumite ohustatust ja halba seisundit põhjustavate koormuste vähendamise meetmeprogramm ja selle tegevused. AS Infragate Eesti, Tallinn.
- KAUR. 2017. Nitraatiooni ja taimekaitsevahendite võimalikud allikad nitraaditundliku ala põhja- ja pinnavees. Keskkonnaagentuur, Tartu.
- Keskkonnaministri määrus nr 48. 2022. Põhjaveekogumite nimekiri ja nende eristamise kord, seisundiklassid ja nende määramise kord, seisundiklassidele vastavad keemilise seisundi määramiseks kasutatavate kvaliteedinäitajate väärtused ja koguselise seisundi määramiseks kasutatavate näitajate tingimused, põhjavett ohustavate saasteainete nimekiri, nende sisalduse läviväärtused põhjaveekogumite kaupa ja kvaliteedi piirväärtused põhjavees ning taustataseme määramise põhimõtted. Kasutatud 21.04.2026, <https://www.riigiteataja.ee/akt/102102019005?leiaKehtiv>
- Lohman, S.W. 1972. Ground-Water Hydraulics, USGS Professional Paper 708.
- Marandi, A., Karro, E., Osjamets, M., Polikarpus, M., Hunt, M. 2020. Eesti põhjaveekogumite seisund perioodil 2014-2019. EGF 9416. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere. <https://fond.egt.ee/fond/egf/9416>
- Marandi, A., Kuusma, E., Männik, M., Osjamets, M., Pärn, J., Raidla, V. 2025. Põhjaveekogumite kontseptuaalsed mudelid 2025. Eesti Geoloogiateenistus. EGF: 4725, <https://fond.egt.ee/fond/egf/47425>

Marandi, A., Osjamets, M., Polikarpus, M., Pärn, J., Raidla, V., Tarros, S., Vallner, L. 2019. *Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine, koormusallikate hindamine ja hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine*. EGF 9110. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere <https://fond.egt.ee/fond/egf/9110>

Osjamets, M., Marandi, A. 2025. Põhjavee riikliku seirevõrgu analüüs ning ettepanekute tegemine. Eesti Geoloogiateenistus. EGF: 4727, <https://fond.egt.ee/fond/egf/47427>

Polikarpus, M., Karro, E., Jõelet, A., Rooni K. 2017. Tartu linna põhjaveevaru ümberhindamine aastani 2045. Tartu Ülikool. EGF: 884t, <https://fond.egt.ee/fond/egf/8847>

Raidla, V., Tarros, S. 2022. Viimsi valla ja Prangli saare põhjavee seire 2022. aastal. Eesti Geoloogia-teenistus, Rakvere. EGF 9725

Seward, P., Xu, Y., Brendonck, L. 2006. Sustainable groundwater use, the capture principle, and adaptive management. *Water SA* 32: 473–482

Veeseadus. 2025. Riigi Teataja I. Viimati vaadatud 27.03.2025, <https://www.riigiteataja.ee/akt/122022019001>.

WFD Reporting Guidance 2022. 2022. Final Draft. V5 26-04-2021. Viimati vaadatud 02.04.2025, https://cdr.eionet.europa.eu/help/WFD/WFD_715_2022/Guidance%20documents/WFD%20Descriptive%20Reporting%20Guidance.pdf